



全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业教育规划教材·精品与示范系列

液压应用技术 项目化教程

◎ 王佳庆 主编

- 液压系统的工作原理及特点
- 液压泵的性能检测
- 液压马达的正/反转控制
- 过载保护回路、压力控制回路、行程控制回路、时间控制回路、速度控制回路、蓄能器控制回路、多缸动作控制回路的安装运行
- 典型液压传动系统分析
- 液压系统的使用维护、故障诊断与排除
- 液压教学软件的使用
- 液压缸的手动控制
- 液压回路的电液比例控制
- 液压回路的PLC控制
- 液压系统的设计计算



- ◆ 以激发学生主动学习、提高课堂教学效率进行设计，注重培养学生的职业素质和技能
- ◆ 通过17个企业实际生产中的典型项目，介绍液压回路的运行原理和设计分析方法
- ◆ 可先通过液压教学软件进行虚拟仿真模拟训练，再在实际实训平台上完成回路搭建和调试
- ◆ 配有免费的电子教学课件和练习题参考答案，以方便教学



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业教育规划教材·精品与示范系列

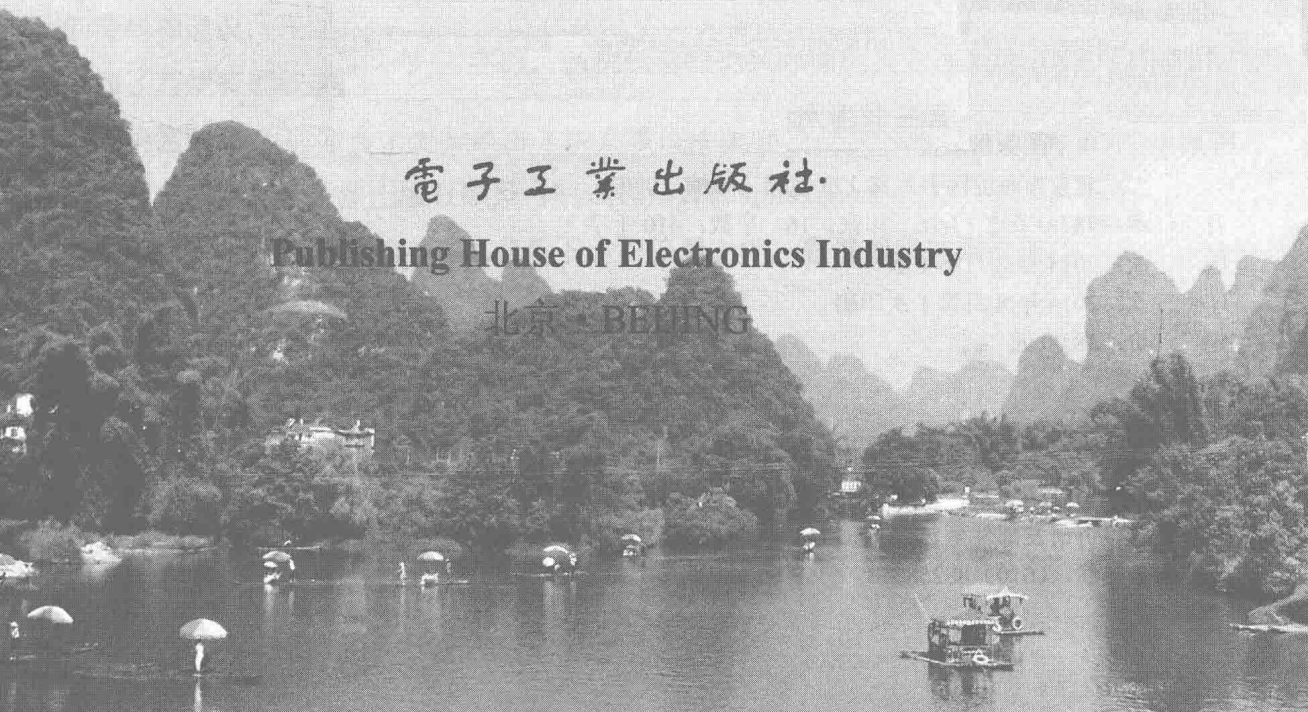
液压应用技术项目化教程

王佳庆 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



内 容 简 介

本书根据近几年开展的示范专业建设和课程内容改革进行编写,主要内容分为3个部分:第一部分为基础知识和基础回路,包括绪论、液压教学软件的使用、液压泵的性能检测、液压缸的手动控制、液压马达的正/反转控制回路、过载保护回路的安装运行等;第二部分为控制回路教学,包括压力控制回路的安装运行、行程控制回路的安装运行、时间控制回路的安装运行、速度控制回路的安装运行和蓄能器控制回路的安装运行等;第三部分为综合应用实践,包括液压回路的电液比例控制、多缸动作控制回路的安装运行、典型液压传动系统分析、液压回路的PLC控制、液压系统的使用维护和液压系统的故障诊断与排除等。本书以17个典型项目为主线进行介绍,内容结合行业发展,编排严谨有序,淡化理论分析,精简公式推导,实用性较强。

本书可作为高职高专院校相应课程的教材,也可作为应用型本科、开放大学、成人教育、自学考试、中学校和培训班的教材,以及流体传动与控制工程技术人员的参考书。

本教材配有电子教学课件、习题参考答案等,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

液压应用技术项目化教程 / 王佳庆主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.8

全国高等职业教育规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-23677-8

I. ①液… II. ①王… III. ①液压技术—高等职业教育—教材 IV. ①TH137

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第141622号

策划编辑: 陈健德 (E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑: 康 霞

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 16 字数: 410千字

版 次: 2014年8月第1版

印 次: 2014年8月第1次印刷

定 价: 38.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言



近年来,随着经济的快速发展,我国已成为世界性制造大国。各种机械设备产品层出不穷并得到广泛应用。液压技术作为现代传动与控制的关键技术也得到快速发展。掌握液压传动技术已成为许多人员上岗就业的必要条件,高职院校有多个专业开设了本课程。本书根据教育部新的教学改革要求,结合近几年开展的示范专业建设和课程内容改革,在长期从事职业教育和培训经验的基础上进行编写。

本书的内容设置以学生为教学主体,以激发学生主动学习、提高课堂教学效率为目标,注重培养学生理论联系实际的能力,突出职业素质和技能的培养。全书将 17 个实训项目贯穿于教学的始终,用项目和任务进行知识的引入,每个项目包含 1~3 个任务,所有的实训任务都来源于企业生产的实际工作。在教学课时方面,课程的实践占了 50%以上,教学全部在实训室进行,合理分配实施工位,使学生能在做中学、学中做。例如,在讲解液压回路时,学生首先在计算机上使用液压教学软件进行虚拟仿真模拟,教师提出相关问题让学生分析解答,使学生理解回路运行原理和各元件的作用;然后再由学生分组合作在实训台上完成回路的搭建和调试,并注意观察和分析实际运行结果;最后完成实训报告,由教师和学生一起进行总结评价。这样的教学方式有利于学生主动学习和掌握相关知识及技能。

本课程教学时数建议为 72 学时,各院校可根据实际情况灵活选择和安排教学内容。

本书由苏州工业园区职业技术学院机电工程系王佳庆老师主编。在编写过程中,参阅了同类著作和文献资料,得到许多同行的关心和帮助,多家合作企业的技术人员提供了宝贵的资料和建议,在此一并表示感谢。

为了方便教师教学,本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案,请有此需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

由于编者水平所限,书中难免存在不足和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者





绪论	(1)
0.1 液压系统的工作原理及组成	(1)
0.2 液压传动的优缺点	(2)
0.3 液压传动的应用	(3)
思考与练习题	(3)
项目 1 液压教学软件的使用	(4)
1.1 项目目标	(4)
1.2 实训设备和元器件	(5)
1.3 基础知识	(5)
1.3.1 液压油	(5)
1.3.2 液体静力学基础	(7)
1.3.3 液体动力学基础	(8)
1.3.4 液压传动教学软件	(10)
1.4 实训操作	(10)
任务 1-1 观察和了解液压回路的工作过程	(10)
任务 1-2 液压回路的压力分析	(11)
1.5 拓展知识	(12)
1.5.1 层流和紊流	(12)
1.5.2 压力损失	(13)
1.5.3 液压冲击	(13)
1.5.4 空穴现象	(14)
1.6 拓展任务——液压千斤顶的操作	(14)
思考与练习题	(15)
项目 2 液压泵的性能检测	(16)
2.1 项目目标	(16)
2.2 实训设备和元器件	(17)
2.3 基础知识	(17)
2.3.1 液压泵	(17)
2.3.2 节流阀	(19)
2.4 实训操作	(20)
任务 测绘液压泵的压力-流量曲线	(20)
2.5 拓展知识	(21)

2.5.1	齿轮泵	(21)
2.5.2	叶片泵	(24)
2.5.3	柱塞泵	(26)
2.5.4	液压泵的选用	(28)
2.6	拓展任务——测绘液压泵的输出功率-压力曲线	(29)
	思考与练习题	(30)
项目 3	液压缸的手动控制	(31)
3.1	项目目标	(31)
3.2	实训设备和元器件	(32)
3.3	基础知识	(32)
3.3.1	液压缸的分类与特点	(32)
3.3.2	双作用单活塞杆液压缸	(33)
3.3.3	换向阀的分类与结构原理	(35)
3.3.4	手动换向阀	(37)
3.3.5	电磁换向阀	(37)
3.3.6	按钮和中间继电器	(38)
3.3.7	基础电气回路	(39)
3.4	实训操作	(40)
	任务 3-1 液压缸的手动阀点动控制	(40)
	任务 3-2 液压缸的伸出自保持控制	(40)
3.5	拓展知识	(41)
3.5.1	液压缸的结构特点及应用	(41)
3.5.2	换向阀补充知识	(43)
3.6	拓展任务——液压缸的差动连接	(46)
	思考与练习题	(47)
项目 4	液压马达的正/反转控制	(48)
4.1	项目目标	(48)
4.2	实训设备和元器件	(49)
4.3	基础知识	(49)
4.3.1	液压马达	(49)
4.3.2	互锁回路	(51)
4.4	实训操作	(51)
	任务 4-1 液压马达的手动控制	(51)
	任务 4-2 液压马达的正/反转自保持控制	(52)
4.5	拓展知识	(52)
4.5.1	齿轮式液压马达	(52)
4.5.2	叶片式液压马达	(53)
4.5.3	柱塞式液压马达	(54)

4.6 拓展任务——液压马达速度-负载曲线绘制	(55)
思考与练习题	(56)
项目 5 过载保护回路的安装运行	(57)
5.1 项目目标	(57)
5.2 实训设备和元器件	(58)
5.3 基础知识	(58)
5.3.1 溢流阀	(58)
5.3.2 单向阀	(61)
5.3.3 可调单向节流阀	(62)
5.3.4 压力继电器	(62)
5.4 实训操作	(63)
任务 5-1 淬火炉顶盖控制	(63)
任务 5-2 装配机构设计	(64)
5.5 拓展知识	(65)
5.5.1 液控单向阀	(65)
5.5.2 双向液压锁	(65)
5.6 拓展任务——溢流阀压力-流量曲线绘制	(66)
思考与练习题	(67)
阶段测试 1	(68)
理论部分 (共 70 分)	(68)
技能部分 (共 30 分)	(70)
项目 6 压力控制回路的安装运行	(71)
6.1 项目目标	(71)
6.2 实训设备和元器件	(72)
6.3 基础知识	(72)
6.3.1 压力控制回路	(72)
6.3.2 减压阀	(72)
6.4 实训操作	(74)
任务 钻床夹紧机构系统回路的设计	(74)
6.5 拓展知识	(76)
6.5.1 顺序阀	(76)
6.5.2 压力控制回路	(77)
思考与练习题	(82)
项目 7 行程控制回路的安装运行	(83)
7.1 项目目标	(83)
7.2 实训设备和元器件	(84)
7.3 基础知识	(84)

7.3.1 电感式接近开关（电感式传感器）	(84)
7.3.2 液压缸行程控制回路	(85)
7.4 实训操作	(86)
任务 7-1 液压折弯机系统回路设计	(86)
任务 7-2 液压工作台控制回路设计	(87)
7.5 拓展知识	(88)
7.5.1 光电式接近开关（光电式传感器）	(88)
7.5.2 电容式接近开关（电容式传感器）	(90)
7.5.3 行程开关	(90)
思考与练习题	(92)
项目 8 时间控制回路的安装运行	(93)
8.1 项目目标	(93)
8.2 实训设备和元器件	(94)
8.3 基础知识	(94)
8.3.1 时间继电器	(94)
8.3.2 延时回路	(95)
8.4 实训操作	(95)
任务 8-1 搅拌装置系统回路设计	(95)
任务 8-2 冲压液压机系统回路设计	(97)
思考与练习题	(98)
项目 9 速度控制回路的安装运行	(99)
9.1 项目目标	(99)
9.2 实训设备和元器件	(100)
9.3 基础知识	(100)
9.3.1 调速阀	(100)
9.3.2 调速回路	(100)
9.4 实训操作	(103)
任务 9-1 切削装置系统回路设计	(103)
任务 9-2 钻机升降机构系统回路设计	(104)
9.5 拓展知识	(105)
9.5.1 快速运动回路	(105)
9.5.2 速度换接回路	(106)
思考与练习题	(107)
项目 10 蓄能器控制回路的安装运行	(108)
10.1 项目目标	(108)
10.2 实训设备和元器件	(109)
10.3 基础知识	(109)

10.3.1	蓄能器	(109)
10.3.2	蓄能器应用回路	(111)
10.4	实训操作	(112)
	任务 液压牵引床系统回路设计	(112)
10.5	拓展知识	(114)
10.5.1	滤油器	(114)
10.5.2	油箱	(116)
10.5.3	油管及管接头	(118)
10.5.4	密封装置	(119)
	思考与练习题	(121)
	阶段测试 2	(121)
	理论部分 (共 60 分)	(121)
	技能部分 (共 40 分)	(122)
项目 11	液压回路的电液比例控制	(124)
11.1	项目目标	(124)
11.2	实训设备和元器件	(125)
11.3	基础知识	(125)
11.3.1	电液比例控制系统	(125)
11.3.2	电液比例控制阀	(126)
11.4	实训操作	(129)
	任务 液压提升装置系统回路设计	(129)
11.5	拓展知识	(131)
11.5.1	插装阀	(131)
11.5.2	叠加阀	(131)
11.5.3	电液伺服阀	(132)
	思考与练习题	(133)
项目 12	多缸动作控制回路的安装运行	(134)
12.1	项目目标	(134)
12.2	实训设备和元器件	(135)
12.3	基础知识	(135)
12.3.1	行程控制的顺序动作回路	(135)
12.3.2	压力控制的顺序动作回路	(136)
12.4	实训操作	(137)
	任务 板料液压剪切机系统回路设计	(137)
12.5	拓展知识	(138)
12.5.1	同步回路	(138)
12.5.2	互不干扰回路	(140)

思考与练习题	(141)
项目 13 典型液压传动系统分析	(142)
13.1 项目目标	(142)
13.2 实训设备和元器件	(143)
13.3 基础知识	(143)
13.3.1 YT4543 型动力滑台液压系统	(143)
13.3.2 全自动钢筋弯箍机液压系统	(145)
13.3.3 MJ-50 型数控车床液压系统	(147)
13.3.4 油罐封头双动拉深液压压机液压系统	(149)
13.4 实训操作	(153)
任务 塑料注射成型机液压系统图分析设计	(153)
思考与练习题	(155)
项目 14 液压回路的 PLC 控制	(158)
14.1 项目目标	(158)
14.2 实训设备和元器件	(159)
14.3 基础知识	(159)
14.3.1 PLC 选型	(159)
14.3.2 典型液压回路的 PLC 控制实例	(159)
14.4 实训操作	(167)
任务 金属屑压块机控制系统设计	(167)
思考与练习题	(170)
项目 15 液压系统的使用维护	(172)
15.1 项目目标	(172)
15.2 实训设备和元器件	(173)
15.3 基础知识	(173)
15.3.1 液压系统的安装	(173)
15.3.2 液压系统的调试	(174)
15.3.3 液压系统的使用与维护保养	(175)
15.4 实训操作	(177)
任务 液压支架液压系统的设计与日常维护	(177)
15.5 拓展知识	(179)
15.5.1 常见液压设备检测项目	(179)
15.5.2 常见液压设备维护小结	(181)
思考与练习题	(183)
项目 16 液压系统的故障诊断与排除	(184)
16.1 项目目标	(184)
16.2 实训设备和元器件	(185)

16.3	基础知识	(185)
16.3.1	液压系统的故障特征	(185)
16.3.2	故障诊断的准备和步骤	(186)
16.3.3	常见故障的诊断方法	(187)
16.3.4	故障诊断实例	(188)
16.4	实训操作	(190)
	任务 叉车工作和转向液压系统设计维护	(190)
16.5	拓展知识	(192)
16.5.1	液压系统常见故障与排除	(192)
16.5.2	液压元件常见故障与排除	(195)
	思考与练习题	(198)
	阶段测试 3	(199)
	理论部分 (共 70 分)	(199)
	技能部分 (共 30 分)	(201)
项目 17	液压系统的设计计算	(202)
17.1	项目目标	(202)
17.2	实训设备和元器件	(203)
17.3	基础知识	(203)
17.3.1	液压系统的设计依据与工况分析	(203)
17.3.2	系统主要参数的确定	(205)
17.3.3	液压系统原理图的拟定	(207)
17.3.4	液压元件的计算和选择	(208)
17.3.5	液压系统性能的验算	(210)
17.3.6	绘制正式工作图和编制技术文件	(212)
17.4	课程设计	(213)
	思考与练习题	(215)
附录 A	液压实训设备的基本操作	(216)
附录 B	实训报告	(218)
	实训报告 1	(218)
	实训报告 2	(219)
	实训报告 3	(220)
	实训报告 4	(221)
	实训报告 5	(222)
	实训报告 6	(223)
	实训报告 7	(224)
	实训报告 8	(225)
	实训报告 9	(226)
	实训报告 10	(227)

实训报告 11 (228)

实训报告 12 (229)

实训报告 13 (230)

实训报告 14 (231)

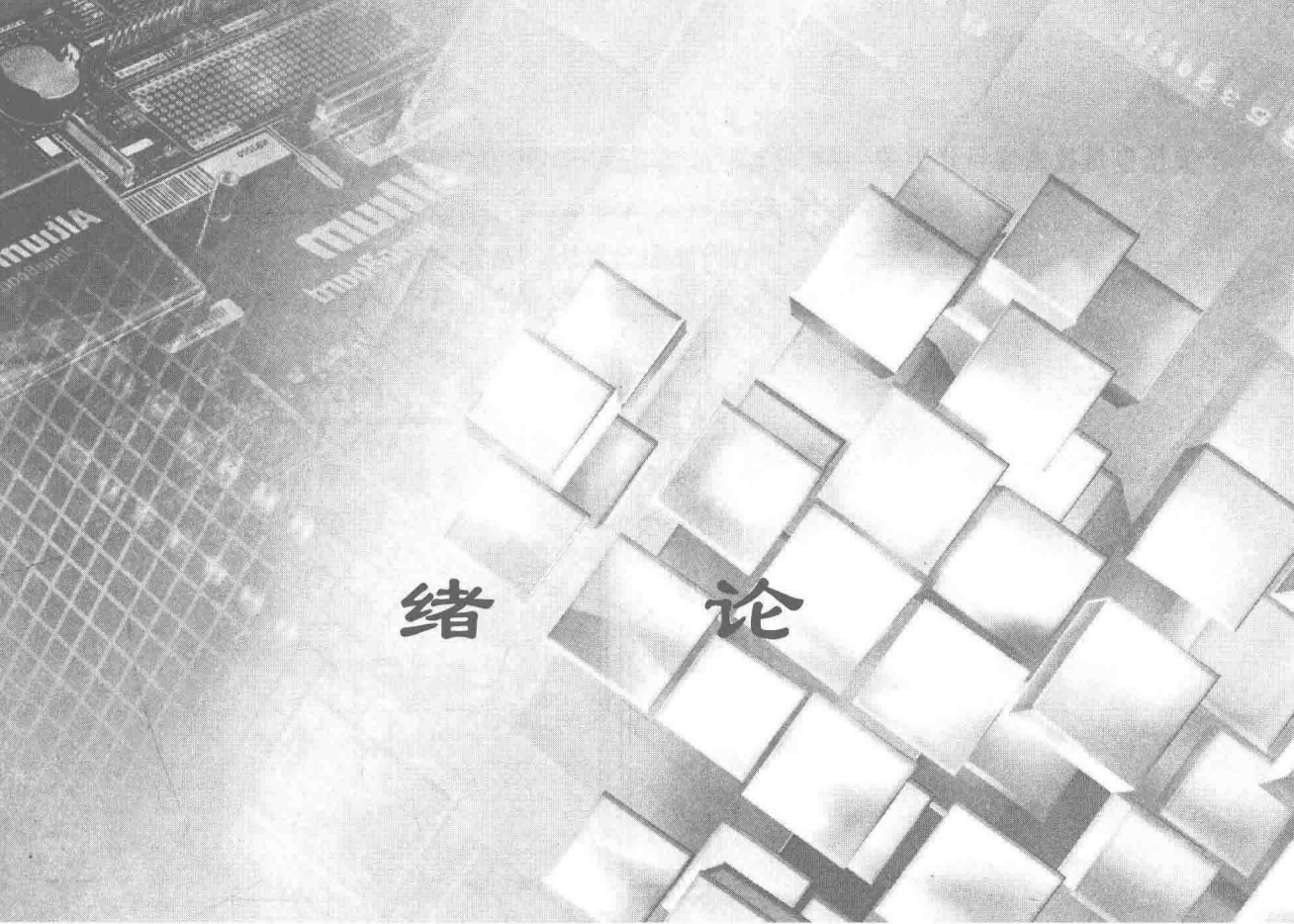
实训报告 15 (232)

实训报告 16 (233)

附录 C 课程设计任务书 (234)

附录 D 常用液压元件图形符号 (235)

参考文献 (244)



绪论

0.1 液压系统的工作原理及组成

如图 0-1 所示为磨床工作台液压系统，其工作原理为：在如图 0-1 (a) 所示位置，液压泵 3 由电动机带动旋转后，从油箱 1 中吸油，油液经过滤器 2 进入液压泵 3，并经换向阀 5、节流阀 6、换向阀 7 进入液压缸 8 的左腔，液压缸 8 右腔的油液经换向阀 7 流回油箱，液压缸活塞在压力油作用下驱动工作台 9 右移。反之，通过换向阀 7 换向，如图 0-1 (b) 所示，压力油进入液压缸 8 的右腔，液压缸 8 左腔的油液经换向阀 7 流回油箱，液压缸活塞在压力油的作用下驱动工作台 9 左移。

根据以上分析可以看出，液压传动是以液压油作为工作介质，先通过动力元件（液压泵）将原动机（如电动机）输入的机械能转换为液体压力能，再经密封管道和控制元件等输送至执行元件（如液压缸），将液体压力能又转换为机械能以驱动工作部件。

液压传动系统由以下 5 个主要部分组成。

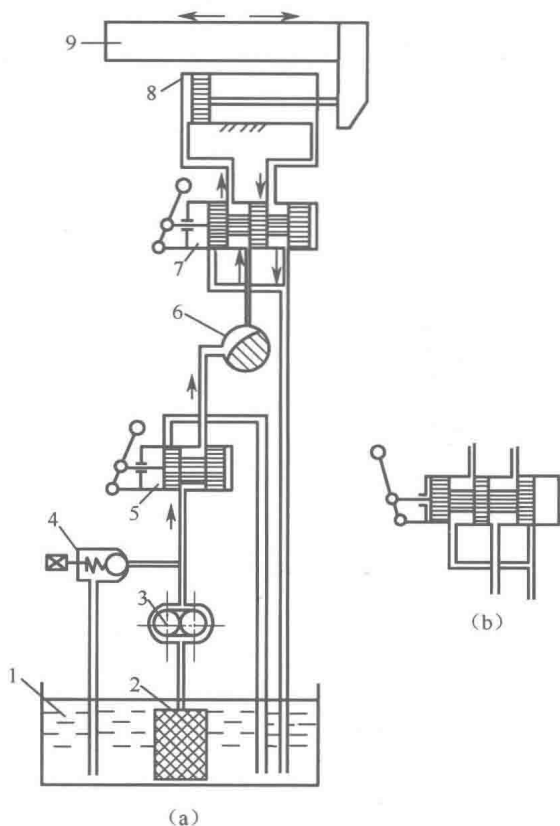
(1) 动力元件。将原动机输入的机械能转换为液体压力能的装置，其作用是为液压系统提供压力油，是系统的动力源，如各类液压泵。

(2) 执行元件。将液体压力能转换为机械能的装置，其作用是在压力油的推动下输出力和速度（或转矩和转速），以驱动工作部件，如各类液压缸和液压马达。

(3) 控制调节元件。用来控制液压传动系统中油液的压力、流量和流动方向的装置，如溢流阀、节流阀和换向阀等。

(4) 辅助元件。上述三部分以外的其他装置分别起储油、输油、过滤和测量压力等作用，如油箱、油管、过滤器和压力表等。

(5) 液压油。液压系统中传递能量的工作介质，有矿物油、乳化液和合成型液压油等。



1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5、7—换向阀；6—节流阀；8—液压缸；9—工作台

图 0-1 磨床工作台液压系统

0.2 液压传动的优缺点

与机械传动、电气传动相比，液压传动具有以下优点。

- (1) 液压传动可在运行过程中进行无级调速，调速方便且调速范围大。
 - (2) 质量轻、体积小、运动惯性小、反应速度快、输出力大。液压装置的体积比同样大小输出力的电动机及机械传动装置的体积要小得多。
 - (3) 液压传动工作比较平稳、反应快、换向冲击小，能快速启动、制动和频繁换向。
 - (4) 液压传动的控制调节简单，操作方便、省力，易实现自动化。当其与电气控制结合时更易实现各种复杂的自动工作循环。
 - (5) 液压传动易实现过载保护，液压元件能够自行润滑，故使用寿命较长。
 - (6) 液压元件已实现了系列化、标准化和通用化，故制造、使用和维修都比较方便。
- 液压传动同样存在一些缺点。

- (1) 液体的泄漏和可压缩性使液压传动难以保证严格的传动比。泄漏如果处理不当，会污染场地，还可能引起火灾和爆炸事故。
- (2) 液压传动在工作过程中能量损失较大，不宜做远距离传动。
- (3) 液压传动对油温变化比较敏感，不宜在很高或很低的环境温度下工作。

- (4) 液压传动要求有单独的能源，不像电源那样使用方便。
- (5) 液压元件的制造精度要求较高，因而价格较贵。
- (6) 液压传动出现故障时不易找出原因，使用和维修要求有较高的技术水平。

0.3 液压传动的应用

液压传动技术的应用领域非常广泛，建筑工程机械、农业机械等行走机械是液压技术的主要用户（如图 0-2 所示），其次是机床、冶金、塑机等行业（如图 0-3 所示）。

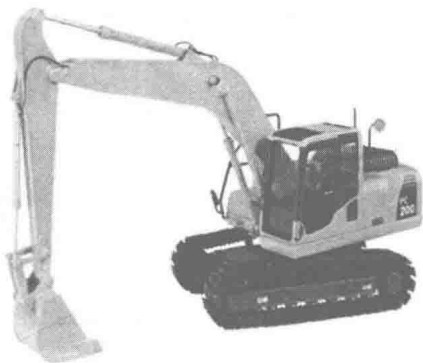


图 0-2 液压挖掘机

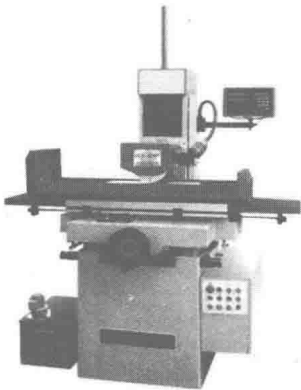


图 0-3 液压磨床

液压传动技术在各类机械行业中的应用实例见表 0-1。

表 0-1 液压传动技术在各类机械行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、轧路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车，平板车，高空作业车，汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

思考与练习题

1. 液压传动系统由哪几部分组成？试说明各部分的作用。
2. 液压传动有什么特点？
3. 列举你所熟悉的液压传动在实际工程中的应用。



项目1 液压教学软件的使用

作为学习液压技术的工具和平台，液压传动教学软件可用于流量和压力的检测，元件图形符号和工作原理的学习，元件基本性能的检测，基本回路的设计、仿真、安装与检测，以及信号的控制连接与检测等。掌握软件的操作和使用方法，对于学习液压知识有着非常重要的意义。

1.1 项目目标

- (1) 学习液压油的相关知识；
- (2) 掌握压力和流量的基本概念，能够分析管道中油液压力和流量的变化；
- (3) 学会设置液压教学软件中各个液压元件的相关参数，并分析液压回路的运行状态和回路中各元件的作用；
- (4) 了解液体流动状态和压力损失的分类，知道液压冲击和空穴现象的产生原因及其危害；
- (5) 了解液压知识的学习过程和方法。



1.2 实训设备和元器件

项目所需实训设备和元器件见表 1-1。

表 1-1 实训设备和元器件明细表

名 称	数 量	名 称	数 量	名 称	数 量
计算机（安装教学软件）	1	车用立式液压千斤顶	1	重物（自选）	1

1.3 基础知识

1.3.1 液压油

在任何液压系统中，液压油都是至关重要的组成部分。它的功能是有效地传递能量、润滑部件、防锈防腐和作为一种散热介质。液压系统能否可靠、灵敏、准确、有效而且经济地工作，与所选用的液压油品种及性能密切相关。因此，正确选用液压油是确保液压系统长期正常工作的前提。

1. 黏性

液体在外力作用下流动时，分子间的内聚力会阻碍分子间的相对运动而产生一定的内摩擦力，这种性质称为液体的黏性。油液只有在流动时才有黏性，静止液体不显示黏性。

黏性的大小用黏度表示。黏度是选择液压油的主要指标，它对油液流动特性影响很大。当油液黏度过高时，会导致机械上和液体内部两方面的摩擦增加，产生高温，增大压力损失和能耗；黏度过低时，又会增加内外泄漏，增加泵的动力传递损耗和元件的磨损。

常用的黏度有三种，即动力黏度、运动黏度和相对黏度。液压油的牌号用 40℃ 下运动黏度的平均值来表示，如 N46 号液压油就是指这种液压油在 40℃ 时的运动黏度的平均值是 46cSt（厘斯）。

2. 黏温特性

油液的黏度对温度的变化极为敏感，温度升高，油的黏度即显著降低，油的黏度随温度变化的性质称为黏温特性。如图 1-1 所示为某品牌液压油外包装示意图，黏温特性是液压油的主要性能特点之一，不同种类的液压油有不同的黏温特性，黏温特性较好的液压油，黏度随温度的变化较小。

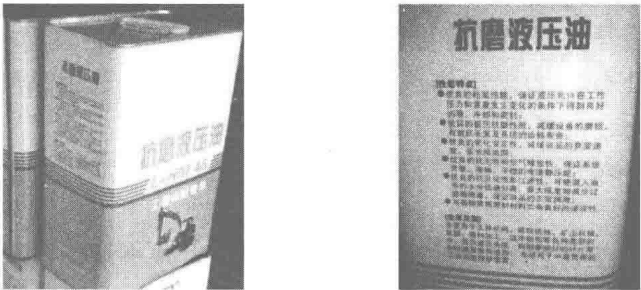


图 1-1 某品牌液压油外包装示意图